

дається напруга з другого аналогового запам'ятовуючого пристрою, який фіксує величину напруги, пропорційну струмові батареї, для чого підмикається до виходу підсилювача на час вимірювання величини струму підзаряду.

У зв'язку з тим, що від пристрою контролю наявності електричних контактів не вимагається значна швидкодія, то його періодичне відмикання від вхідного сигналу (наприклад, один раз за декілька секунд на соті долі секунди) не заважає надійній роботі системи живлення.

Крім вимірювання фактичної величини струму підзаряду батареї і фіксації її зниження менше визначеної величини цей пристрій дозволяє фіксувати напрямок протікання струму через шунт (підзаряд – розряд батареї).

Слід звернути увагу на досить жорсткі вимоги до джерела живлення пристрою. Наприклад, при використанні джерела, що підмикається до мережі змінного струму, треба створити надійний захист від проникнення мережних завад в ланцюги живлення.

Як первинне джерело енергії, що забезпечує живлення пристрою, може бути використана сама контрольована акумуляторна батарея.

1. Шербаков В.И., Грездов Г.И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник. – К.: Техніка, 1983. – 213 с.

2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т. 2. Пер. с англ. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Мир, 1993. – 371 с.

Отримано 14.05.2002

УДК 621.316.923

Е.Н.ЛЯШЕНКО

Харьковская государственная академия городского хозяйства

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ВРЕМЯ-ТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНИАТЮРНЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Рассматриваются теоретические методы определения время-токовых характеристик миниатюрных предохранителей, необходимых при их разработке и модернизации.

Большое разнообразие типов и конструкций миниатюрных предохранителей, а также существование различных международных стандартов создают трудности при моделировании и разработке новых электрических аппаратов этой группы. Для соблюдения всех требований, предъявляемых к миниатюрным предохранителям, разработчику необходимо знать их время-токовые (ампер-секундные) характеристики.

В [1] предложен упрощенный метод для получения время-токовых характеристик (ВТХ) миниатюрных предохранителей, применимый только для наиболее простых конструкций этих защитных аппаратов. Описание ампер-секундной характеристики основывается в [1] на двух параметрах: минимальный ток плавления I_s и показатель качества K . Эти параметры являются асимптотами к ампер-секундной характеристике. Кроме того, при установившемся значении тока I_s можно в качестве параметра взять номинальный ток I_n , для чего нужно ввести коэффициент плавления $f = I_s / I_n$.

Полный расчет ВТХ миниатюрных предохранителей вследствие простоты конструкции большинства из них можно выполнить, решая уравнение энергетического баланса для упрощенной ситуации:

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + J^2 \rho_0 (1 + \beta T) - GT = C_V \gamma \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

где λ — теплопроводность материала плавкого элемента, Вт / (м·К); T — температура плавкого элемента, К; причем $T = T(x)$; ρ_0 — удельное сопротивление при температуре окружающей среды, Ом·м; J — плотность тока, А / м²; β — температурный коэффициент удельного сопротивления, К⁻¹; G — коэффициент передачи тепла, который характеризует общий тепловой поток, приходящийся на градус Цельсия в радиальном направлении проводника в окружающую среду, Вт / (м³·К); C_V — удельная теплота нагревания материала плавкого элемента, Дж/(кг·К); x — координата; γ — плотность материала плавкого элемента, кг / м³.

Уравнение (1) справедливо для проволоочного плавкого элемента. Решив это уравнение, можно получить время-токовую характеристику для отдельного случая. Сложность решения уравнения (1) заключается в определении коэффициента передачи тепла G , величина которого сильно зависит от геометрии плавкого элемента, конструкции предохранителя и др. В большинстве случаев величину G можно установить экспериментально следующим образом.

Если ток I , текущий через предохранитель, меньше чем ток I_s , то в установившемся режиме действительно следует

$$I^2 r_0 (1 + \beta T) = G_T T, \quad (2)$$

где r_0 — сопротивление предохранителя при температуре окружающей среды; G_T — общая теплоотдача с поверхности плавкого элемента в окружающую среду. Температура T в данном случае определяется

средней по длине предохранителя. Вводя $r_T = r_0(1 + \beta T)$ – сопротивление при температуре T и токе I , получаем

$$G_T = \frac{I^2 r_T}{T} = \frac{IU_V}{T}, \quad (3)$$

где U_V – падение напряжения при токе I , причем U_V можно легко изменить.

В представленной в [1] компьютерной модели для расчета ВТХ были использованы измерения падения напряжения в течение каждого импульса тока через предохранитель. Эти измерения позволили рассчитать величину G , при известном значении которой можно решить уравнение (3) для конкретного случая. Компьютерная модель довольно эффективная, поскольку полученные с ее помощью точки ВТХ хорошо подогнаны к результатам экспериментов.

Подобным образом можно осуществить полный расчет ампер-секундных характеристик, что, в свою очередь, позволяет значительно уменьшить срок разработки миниатюрных предохранителей, а также открывает возможность изучить функциональную зависимость параметра G от геометрии плавкого элемента. Кроме того, после получения количественного выражения G можно рассчитать ВТХ новой конструкции, не имея доступных моделей нового предохранителя.

В связи с тем, что произвести полный расчет ВТХ сложно, на практике удобно использовать метод теоретической аппроксимации этой характеристики, предложенный в [2]. В соответствии с [2] ВТХ можно аппроксимировать двумя асимптотами. Первая асимптота – вертикальная линия, соответствующая минимальному току плавления I_s , вторая асимптота – наклонная линия, соответствующая величине $I^2 t$. В большинстве случаев вторую асимптоту можно рассчитать с необходимой точностью для конкретной конструкции предохранителя, используя формулу Мейера.

Первую асимптоту можно определить следующим образом. В большинстве случаев проволочный плавкий элемент в корпусе миниатюрного предохранителя можно рассматривать в качестве длинной проволоки. Это означает, что максимальная температура проволоки в точке, расположенной посередине, не зависит от теплоотвода от концов проволоки. Тогда минимальный ток плавления I_s определяется температурой плавления T_s посередине проволоки в установившемся режиме, а выражение для тока имеет вид

$$I_S^2 = \frac{\pi^2}{16} d^4 \frac{G(T_S - T_0)}{\rho_0 [1 + \beta(T_S - T_0)]} \quad (4)$$

или

$$I_S^2 = Gk_1 d^4, \quad (5)$$

где d – диаметр проволочного плавкого элемента; G – передача тепла в радиальном направлении, приходящаяся на единицу объема и градус Цельсия; T_0 – температура окружающей среды; k_1 – константа, зависящая от физических свойств материала плавкого элемента.

Следует также заметить, что в случае короткого проводника выражение для I_s имеет вид

$$I_S^2 = k_2 d^4, \quad (6)$$

причем k_2 – константа, отличная от величины произведения $G \cdot k_1$.

Таким образом, при модернизации или разработке миниатюрных предохранителей в зависимости от поставленных перед разработчиком задач и имеющихся в наличии данных о предохранителе можно производить полный расчет ВТХ или, если этого достаточно, использовать теоретическую аппроксимацию данных характеристик. Однако приведенный выше метод расчета ампер-секундной характеристики не доступен для широкого применения на практике, а для его усовершенствования надо провести дополнительные исследования характеристик миниатюрных предохранителей.

1. Vermij L., Matteij A.I.M. Time-Current Characteristics of Miniature Fuses, ICEFA, 1987, pp. 122-126.

2. Iaspar I., P. van Rietschoten, Vermij L. A Theoretical Approximation of the Time-Current Characteristic of Miniature Fuses, ICEFA, 1991, pp. 100-102.

Получено 16.05.2002

УДК 621.327.534

Е.А.МВУДЖО

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ В ДРОССЕЛЕ НА ФОРМУ ТОКА В ЦЕПИ "РАЗРЯДНАЯ ЛАМПА – ИНДУКТИВНЫЙ БАЛЛАСТ"

Показана возможность учета активных потерь в балластном дросселе при расчете контура "РЛ – ПРА" новым методом на основе синус-квадратичной аппроксимации динамики проводимости лампы.

В работе [1] описана методика расчета параметров схемы стабилизации разрядной лампы с индуктивным балластом без активных по-